



“十三五”科学技术专著丛书

车联网技术与应用

杨燕玲 周海军 编著

Technology and Application of Vehicle Networking



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



“十三五”科学技术专著丛书

车联网技术与应用

杨燕玲 周海军 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

通信、互联网、大数据、云计算和人工智能等信息技术的飞速发展已经改变了人们的生活模式,在未来,信息技术与汽车技术的不断融合还将改变人们的出行模式。车联网技术突破汽车电子化和智能化发展的桎梏,建立以人、车、路协同的辅助驾驶和自动驾驶为核心的智能交通系统,催生了车联网时代的到来。车联网将“人、车、路、云”等交通参与要素有机地联系在一起,不仅可以支撑车辆获得比单车感知更多的信息,促进自动驾驶技术的创新和应用,还有利于构建一个智慧的交通体系,促进汽车和交通服务的新模式、新业态发展,对提高交通效率、节省资源、减少污染、降低事故发生率和改善交通管理具有重要意义。车联网必将深刻地改变人们的生活。

本书首先从车联网的概念与应用入手,介绍了车联网的典型应用场景,让读者能够对下一代车联网形成全貌认识;其次,阐述了车联网技术的应用和发展历史;再次,从技术原理和实现的角度,介绍了 DSRC 技术和 LTE-V2X 技术;最后,结合实际车联网产业的进程,系统地介绍了车联网在国内外的产业化,以及示范应用情况。全书在全面系统地介绍车联网概念的基础上,旨在以浅显易懂的语言向读者构建一个车联网从概念、技术到应用的知识体系。

图书在版编目(CIP)数据

车联网技术与应用 / 杨燕玲, 周海军编著. -- 北京:北京邮电大学出版社, 2019. 8

ISBN 978-7-5635-5792-9

I. ①车… II. ①杨… ②周… III. ①互联网络—应用—汽车②智能技术—应用—汽车 IV. ①U46-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 157932 号

书 名: 车联网技术与应用

作 者: 杨燕玲 周海军

责任编辑: 徐振华 付兆玲

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京玺诚印务有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 9.5

字 数: 231 千字

版 次: 2019 年 8 月第 1 版 2019 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-5792-9

定 价: 36.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

通信、互联网、大数据、云计算和人工智能等新型信息与通信技术飞速发展,技术大潮汹涌而至,推动百年汽车产业随之变革。汽车自诞生以来,伴随工业发展的步伐,从最初作为解决人们交通出行和货物运输效率提高的工具,不断进步和升级换代,向电子化、智能化,特别是伴随着互联网技术发展而来的网联化方向发展。汽车的电子化是系统论和控制论在汽车工业的应用,使得汽车由单纯的机械产品向高级的机电一体化电子控制系统产品方向发展;汽车的智能化将人工智能技术应用于汽车,让机器来代替驾驶员完成对汽车的操作与控制,推动自动驾驶的发展;汽车的网联化则是物联网在汽车与交通中的应用,将交通数据信息进行协同和共享,解决了智能化中感知数据不足,以及驾驶决策的依据不够全面等问题。

车联网正是汽车智能化和网联化结合的产物。通过将人工智能技术与现代通信技术结合以实现车与人、车与车、车与路以及车与云之间的数据及信息交换,车联网使汽车不单单只是一种交通工具,而是一个联网的可行走的智能终端,可实现车载信息服务、车辆数据信息服务和车辆自动驾驶等车联网业务及应用。车联网带来了汽车产业的转型升级,正在深刻地改变人类的生活方式和思维方式。车联网技术已经突破了汽车行业的范畴,成为涉及汽车、通信和互联网等多学科领域的综合体系。

车联网产业模式的变革也催生了很多应用场景,如信息服务典型应用、交通安全典型应用、交通效率典型应用和自动驾驶典型应用等。可以通过在车辆之间、车辆和路侧设施以及车辆与交通管理平台之间进行实时、高效的信息交互,实现交通智能化,避免因司机驾驶能力差、感知能力不足和反应速度慢等问题造成的交通事故;通过感知设备和路网信息获知前方道路信息,选择拥堵躲避路线;同时,通过合理的驾驶行为有效降低车辆油耗,从而达到降低排放的目的。

车联网是以车内网、车际网和车云网为基础,按照约定的通信协议和数据交互标准,在车与车、车与路、车与行人之间,进行无线通信和信息交换的大系统网络。其中,基于专用短距离通信技术 DSRC 技术和 LTE-V2X 技术构建的实现车与车和车与路侧设施之间中短程距离通信的动态网络,以及车载终端通过蜂窝移动通信技术与 Internet 或云端进行远程无线连接的网络,是解决支持各种终端以及终端和网络之间的数据及信息交换,实现各种车联

网应用的计算依据,这是车联网技术的关键。

车联网作为汽车产业革命变革的方向,是我国抢占汽车产业未来战略的制高点,也是推动国家汽车产业转型升级,由大变强的重要突破口。因此,车联网对我国汽车行业的发展以及制造业强国的打造具有重大战略意义。我国经过40年的改革开放,在芯片、通信协议、网络管理、协同处理和智能计算等领域中的技术积累,成为推动车联网技术发展的基础。但是也应该看到,在汽车控制系统、高级传感器和道路基础设施等方面,我国还与传统汽车大国存在差距。车联网给我们创造了巨大的历史机遇的同时也带来了挑战,需要我们在国家战略、标准化制定、研发投入和跨部门跨行业协同机制等方面进一步努力。

本书首先从车联网的概念与应用入手,介绍了车联网的典型应用场景,使读者能够对下一代车联网形成全面认识;其次,阐述了车联网技术的应用和发展历史;再次,从技术原理和实现的角度,介绍了DSRC技术和LTE-V2X技术;最后,结合实际车联网产业的进程,系统地介绍了车联网在国内外的产业化,以及示范应用情况。全书在全面系统地介绍车联网概念的基础上,旨在以浅显易懂的语言向读者构建一个车联网从概念、技术到应用的知识体系。笔者希望通过本书的介绍及论述,让更多的人了解车联网的概念、作用和未来,迎接人类智能出行的到来。

目 录

第 1 章 车联网是什么	1
1.1 车联网的概念与应用	1
1.1.1 工业革命和汽车的起源	1
1.1.2 自动驾驶的幻想和发展	7
1.1.3 车联网概念和技术体系	11
1.1.4 车联网的应用和未来发展	13
1.2 智能网联的概念与应用	15
1.2.1 智能网联的概念	15
1.2.2 智能网联的应用	19
1.3 传感器的概念与作用	21
1.3.1 传感器的定义	21
1.3.2 传统车载传感器及其作用	22
1.3.3 传感器在自动驾驶中的作用	24
第 2 章 车联网的应用	33
2.1 信息服务典型应用场景	33
2.1.1 紧急呼叫服务	34
2.1.2 车载通信服务	34
2.1.3 车载信息娱乐服务	35
2.1.4 汽车导航服务	36
2.1.5 商业运输管理服务	37
2.1.6 信息公告服务	38
2.1.7 停车信息服务	38
2.1.8 费用支付服务	39
2.2 交通安全典型应用场景	40
2.2.1 协同驾驶防碰撞应用	40
2.2.2 十字路口闯红灯警告应用	40
2.2.3 车道变更警告应用	40
2.2.4 高速追尾预警应用	40
2.2.5 应急车辆事故应答应用	41
2.2.6 车辆安全警告应用	41

2.2.7	交通标志提醒应用	42
2.3	交通效率典型应用场景	43
2.3.1	驾驶风险预测	43
2.3.2	交通拥堵警告	44
2.3.3	智能交通信号控制	44
2.3.4	动态路径规划	44
2.3.5	道路管理应用	45
2.4	自动驾驶典型应用场景	45
2.4.1	自动驾驶通勤出行	46
2.4.2	智能物流配送	46
2.4.3	智能环卫	48
2.4.4	无人驾驶	49
第3章	车联网的前世今生	51
3.1	车联网的发展历程	51
3.1.1	智能交通系统	51
3.1.2	物联网与车联网	55
3.1.3	汽车的智能化	58
3.1.4	汽车的网联化	59
3.1.5	智能网联汽车	62
3.2	国际车联网发展规划	64
3.2.1	美国车联网的发展规划	65
3.2.2	欧盟车联网的发展规划	67
3.2.3	日本车联网的发展规划	69
3.3	国内车联网发展基础与现状	71
3.3.1	国内车联网发展基础	71
3.3.2	国内车联网发展现状	72
3.3.3	国内车联网发展政策	76
3.3.4	国内车联网发展趋势	78
第4章	车联网的关键技术	80
4.1	车联网的构成	80
4.1.1	车内网	80
4.1.2	车际网	81
4.1.3	车云网	82
4.2	V2X 的优势和发展	83
4.2.1	V2X 的优势	83
4.2.2	V2X 的应用场景	85
4.2.3	V2X 的发展预测	87

4.3 DSRC 关键技术	88
4.3.1 DSRC 通信模式	89
4.3.2 DSRC 帧结构	90
4.3.3 DSRC 物理层关键过程	91
4.3.4 DSRC 的资源调度	96
4.3.5 DSRC 的拥塞控制	97
4.3.6 DSRC 的通信安全	98
4.4 LTE-V2X 关键技术	100
4.4.1 LTE-V2X 的通信模式	100
4.4.2 LTE-V2X 的帧结构	101
4.4.3 LTE-V2X 的物理信道	103
4.4.4 LTE-V2X 的物理层关键过程	104
4.4.5 LTE-V2X 的同步过程	105
4.4.6 LTE-V2X 的资源调度	108
4.4.7 LTE-V2X 的拥塞控制	117
4.4.8 LTE-V2X 的通信安全	119
第 5 章 车联网的示范应用	121
5.1 国外组织的车联网示范应用	121
5.1.1 美国网联汽车示范应用	121
5.1.2 欧洲协作式智能交通 C-ITS 示范应用	124
5.1.3 日本智能交通和网联驾驶示范应用	125
5.2 国内的车联网示范应用	126
5.2.1 国家级应用测试基地/试点示范区	127
5.2.2 企业或地方自建/商业运营项目	135
后记	138
参考文献	139

第 1 章 车联网是什么

汽车自诞生之日起,就成为改变世界的工具。人类在享受汽车带来出行速度便利的同时,也饱受驾驶疲倦和车辆拥堵之苦。“人类应该从驾驶中脱离出来”,1940年,工业设计师诺曼·贝尔·盖德斯(Norman Bel Geddes,1893—1958)就做出了这样一个在当时被认作是荒诞的设想。进入 21 世纪,随着人工智能技术和信息技术的发展,汽车与交通系统网联化、智能化的趋势日趋明显,这一设想正在逐步变成现实。通信、互联网、大数据、云计算和人工智能等信息技术与汽车技术的融合构成了车联网技术体系。

1.1 车联网的概念与应用

1.1.1 工业革命和汽车的起源

发源于英格兰中部地区的工业革命被认为是现代工业社会的开端。工业革命在科学发现和颠覆性技术发明的推动下,以机器取代人力,以大规模工厂化生产取代个体工场手工生产,引起了从手工劳动向动力机器生产转变的重大飞跃。工业革命的浪潮从英格兰向英国乃至整个欧洲大陆传播,19 世纪传至北美,工业革命的推动力量创造了巨大生产力,改变了原来人类历史发展的进程和速度,使社会面貌发生了翻天覆地的变化。

第一次工业革命的开端以詹姆斯·哈格里夫斯(James Hargreaves,1721—1778)发明的珍妮纺纱机(Spinning Jenny)为标志(见图 1-1)。珍妮纺纱机虽然仍需人力驱动,但是比旧式纺车的纺纱能力提高了 8 倍,大大提高了生产力。自 18 世纪 60 年代开始的第一次工业革命出现了一系列重大发明,例如,1785 年詹姆斯·瓦特(James Watt,1736—1819)改良蒸汽机为“联动式蒸汽机”(见图 1-2);1733 年约翰·凯伊(John Kay,1704—约 1764)改进织布梭子为“飞梭”;1807 年罗伯特·富尔顿(Robert Fulton,1765—1815)发明了蒸汽轮船(见图 1-3);1825 年乔治·斯蒂芬森(George Stephenson,1781—1848)发明的蒸汽机车(见图 1-4)等,人类社会进入“蒸汽时代”。

工业革命的成功也不能仅仅归因于一小群发明者的作用,更重要的是 18 世纪后期种种有利因素的结合。纺纱方面的发明导致了织布方面的发明;新的棉纺机又提出了对动力的需要;新的棉纺机和蒸汽机需要铁、钢和煤炭供应量的增加推动了采矿和冶金术方面的一系列改进;纺织工业、采矿工业和冶金工业的发展又引起对改进过的运输工具的需要。第一次工业革命时期在交通运输方面的革命使得水上、公路和铁路各方面的运输模式都有了革命性的进步和发展。在水路方面,运河的开凿使运输费用大大下降;在公路方面,修筑铺有硬质路面、能全年承受交通道路的筑路技术的发展为提高运输速度提供了可能;在铁路方面,蒸汽机车和铁轨的结合成为长途运输的主要模式,它能够以比在公路或运河运输更快的速度和更低廉的成本运送旅客和货物。

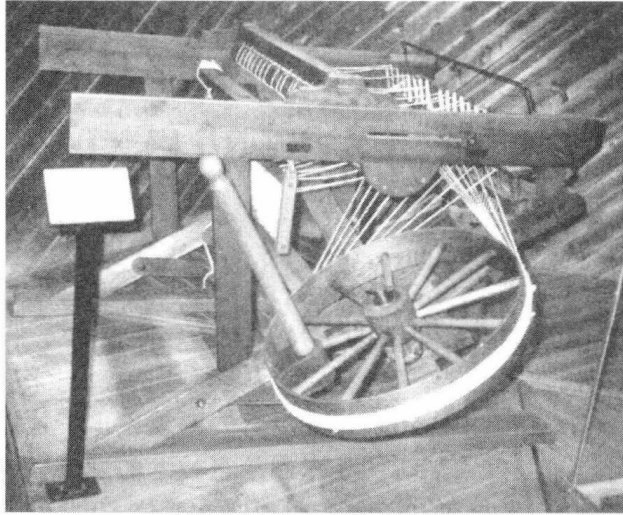


图 1-1 珍妮纺纱机模型(德国,乌珀塔尔博物馆藏品)

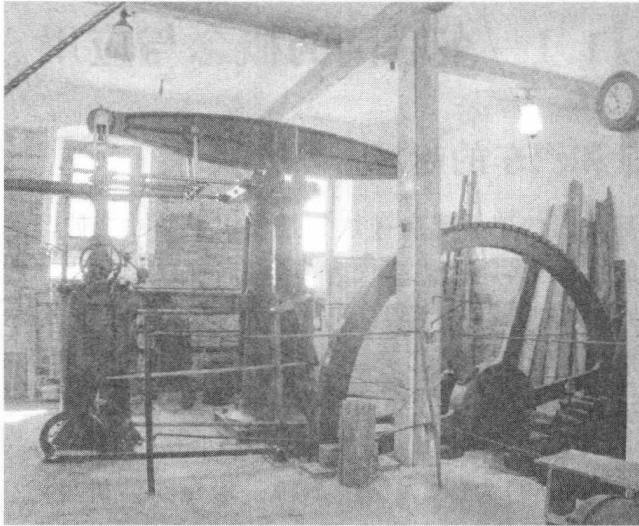


图 1-2 联动式蒸汽机(德国,弗莱贝格博物馆藏品)

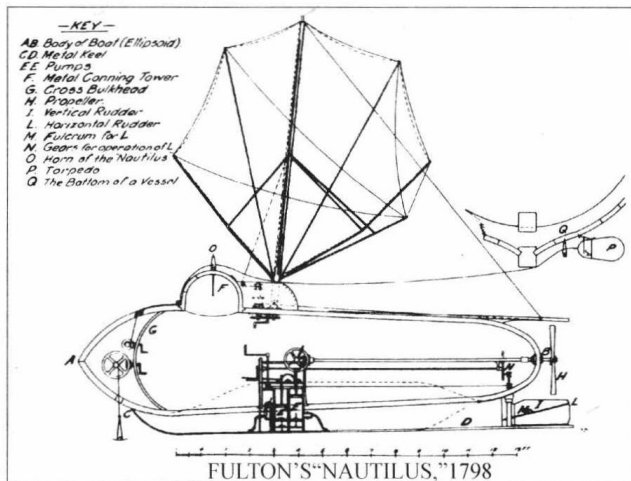
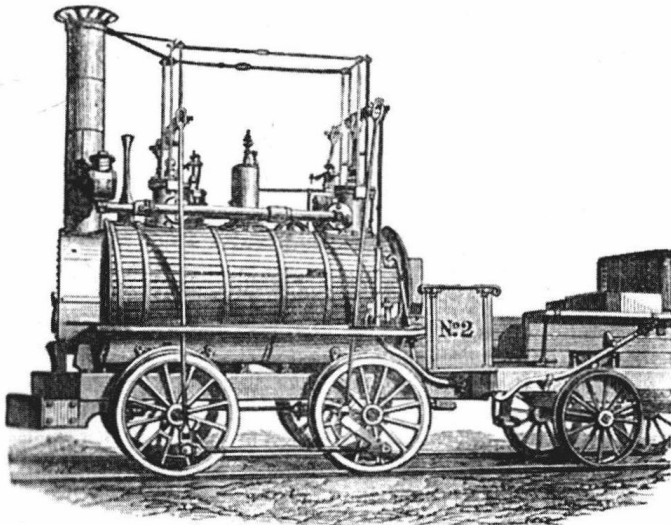


图 1-3 蒸汽轮船版画



Old Killingworth Locomotive, still in use.

图 1-4 蒸汽机车模型

第一次工业革命稳步、不懈地继续发展,其主要的发明是由于经济发展刺激所产生的,这一时期发明的成果多数由有才能的技工凭借自己丰富的工作经验和智慧完成。但是,随着技术的进步,特别是在 1870 年以后,自然科学研究取得重大进展,科学技术开始起到更加重要的作用,科学逐渐成为工业发展的主要推动力和重要组成部分。以此为分界,工业革命走入第二个阶段,即第二次工业革命时期。第二次工业革命以 1866 年德国人维尔纳·冯·西门子(Ernst Werner von Siemens, 1816—1892)发明自励式直流发电机为标志(见图 1-5),自此人类社会进入“电气时代”。第二次工业革命时期,电器开始用于代替机器,电力成为补充和取代蒸汽的新能源。随后,电灯、电车、电影放映机相继问世。

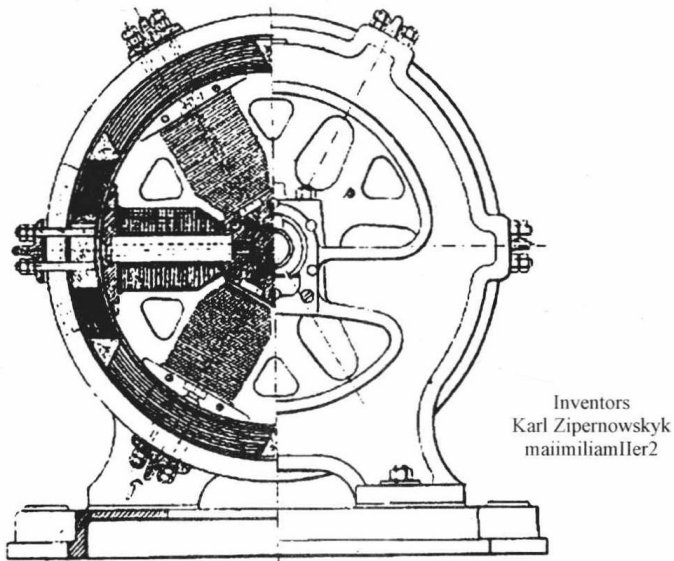


图 1-5 自励式直流发电机模型

由于人力或马力拉动的交通运输已经不能满足人们生产生活的需要,因此为了提高公路运输效率,人们做了很多尝试。蒸汽机的发展促进了蒸汽机车的发展,蒸汽成为汽车发展

史中使用的第一种动力。例如,1769年,法国人 N. J. 居纽(Nicolas-Joseph Cugnot,1725—1804)制造了世界上第一辆蒸汽驱动的三轮汽车(见图 1-6);1825年,英国人哥而斯瓦底·嘉内(Sir Goldsworthy Gurney,1793—1875)制造了蒸汽公共汽车(见图 1-7)。

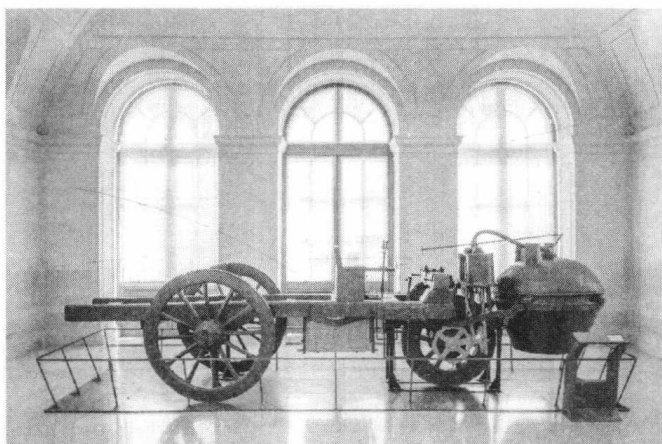


图 1-6 蒸汽三轮汽车实物



图 1-7 蒸汽公共汽车版画

虽然在瓦特蒸汽机之后,蒸汽机得到了不断的完善,但是仍存在一些问题,如噪声、煤耗、体积大和动力不稳定等,阻碍了汽车的发展。这使人们有必要为汽车寻找新的动力技术。19世纪七八十年代,以煤气和汽油为燃料的内燃机相继诞生,内燃机的发明解决了交通工具的发动机问题。1876年,德国工程师罗斯·奥古斯特·奥托(Nikolaus August Otto,1832—1891)制造出第一台四冲程内燃机(见图 1-8),为汽车的发明奠定了基础。

1879年,德国工程师卡尔·奔驰(Karl Benz,1844—1929)首次实验成功了一台二冲程试验性发动机,并获得了相应的专利。1883年,他在德国成立了“奔驰公司和奔驰莱茵燃气发动机厂”,并获得了生产汽油机的许可证。1885年10月,卡尔·奔驰成功研制出以汽油机为动力的三轮车(见图 1-9),并于1886年1月从德国专利局获得专利,世界上第一辆真正意义的汽车诞生。汽车“Automobile”一词是借用希腊语中的 Auto(自己)和拉丁语中的 Mobile(会动的)构成的复合词。

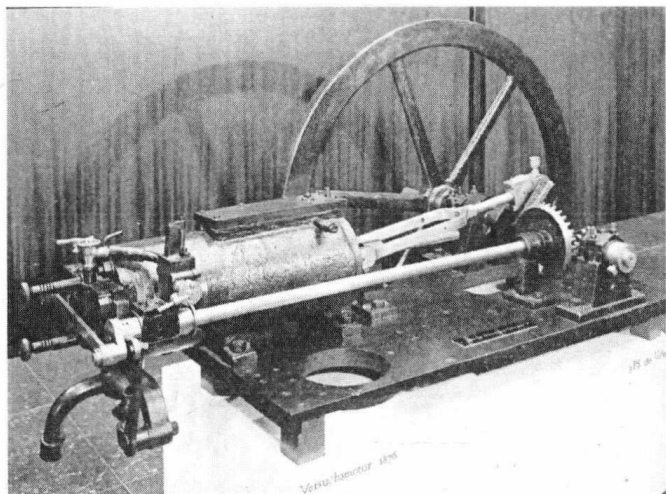


图 1-8 奥托的四冲程内燃机

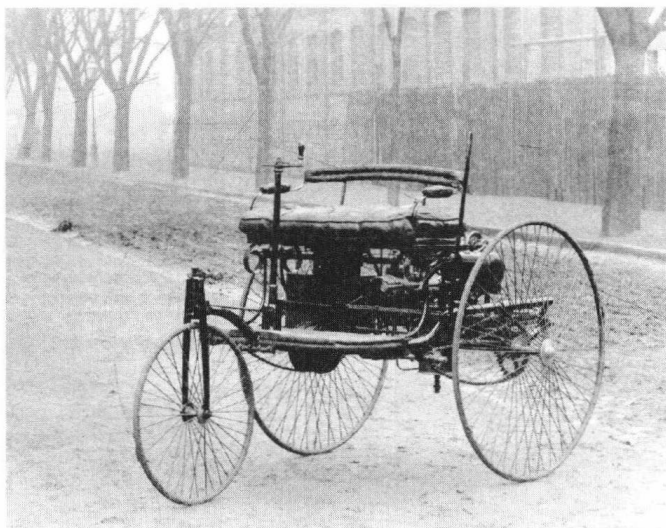


图 1-9 卡尔·奔驰的汽油三轮车

在随后的发展中,汽车从形态和性能上不断追求进步。1886年,戈特利布·戴姆勒(Gottlieb Daimler,1834—1900)秘密购买了一驾马车并将其进行改装,增加相应的转向和传动装置,安装了功率为1.1 kW的内燃机,使它成为世界上第一辆四轮汽车(见图1-10),时速达到每小时16 km。1908年,亨利·福特(Henry Ford,1863—1947)成立的福特汽车公司设计和制造出一种新型汽车——T型车(见图1-11),T型车在随后的流水生产线技术上开始了汽车大批量生产方式,汽车随之逐步走向千家万户。

汽车的发明颠覆了交通运输需要依靠人力或马力拉动的观念,激发了人类对基于汽车的交通运输和出行的需求,也派生出人类基于汽车与交通出行的相关需求,改变了人类的运输和出行模式。在随后的第三次工业革命中,工业自动控制系统得到了很大的发展,系统论和控制论在机械电子工程中得到了广泛应用。交流发电机、电压调节器、电子闪光器、电子喇叭、间歇刮水装置和电子点火装置等部件都开始逐步应用汽车电子技术,汽车电子控制系统从模拟控制系统向数字化控制系统发展,汽车从单纯的机械产品向高级的机电一体化电子控制系统产品方向发展。电子控制燃油喷射装置、防抱死系统(ABS)和安全气囊等技术

都成为汽车电子的典型应用。

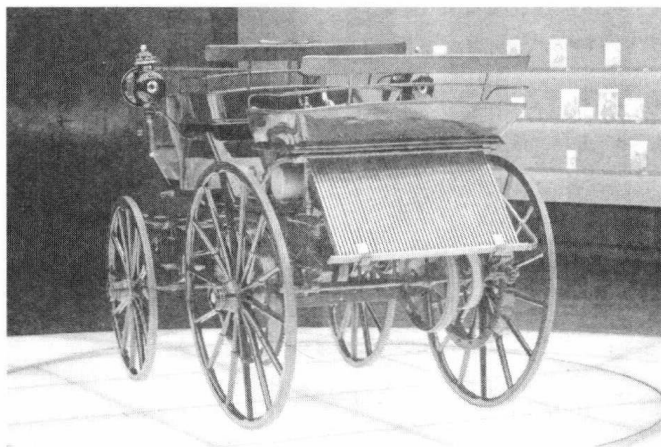


图 1-10 戈特利布·戴姆勒改装的四轮汽车



图 1-11 福特公司生产的 T 型车

随着汽车各系统的控制逐步向自动化和智能化转变,汽车电气系统变得日益复杂。传统的电气系统大多采用点对点的单一通信方式,相互之间少有联系,这样必然会形成庞大的布线系统。1991年9月,综合了计算机总线的技术原理,汽车控制总线技术规范(Controllor Area Network,CAN)制定并发布,实现了汽车电子控制系统之间的数据传输。CAN总线的短数据结构、非破坏性总线仲裁技术及灵活的通信方式可适应汽车的实时性和可靠性要求。

随着汽车的信息传送和数据共享需求越来越多,车载电子控制单元(Electronic Control Unit,ECU)数量的增多和传送数据的体量增大,普通的CAN网络已经无法满足需求。为满足高带宽、低延迟、音视频同步以及网络管理的需求,在民用以太网协议的基础上,改变了物理接口的电气特性,并结合车载网络的需求,电气和电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers,IEEE)于2016年4月专门制定了专用于连接汽车内各种电气设备的物理网络标准:车载以太网标准802.3bw。该标准名为“100BASE-T1”,用一对双绞线可以提供100 Mbit/s以太网,不仅可以实现每端口100 Mbit/s的高性能带宽,

同时还可明显降低连接成本,并减轻线缆重量。

当前,通信、互联网、大数据、云计算和人工智能等新型信息与通信技术飞速发展,技术大潮汹涌而至,推动百年汽车产业随之变革,汽车的产品形态正在由单纯的交通运输工具,向移动办公、移动家居和共享出行方向发展。传统整车企业和汽车零部件提供商将在信息及通信行业开展跨行业跨企业的协同合作与融合创新,并带动工业制造的智能化和产业升级转型。

1.1.2 自动驾驶的幻想和发展

在汽车智能化技术中,自动驾驶或无人驾驶一直是人们关注的热门技术。自汽车诞生以来,由于驾驶员生理、精神等问题引起的交通事故是目前人类非正常死亡的主要原因之一,根据国家统计局数据,我国在2017年因交通事故死亡人数总计达到63 772人。一方面,自动驾驶具有前方碰撞与行人碰撞的自动紧急制动和驾驶员疲劳检测等功能,能够极大降低因人为疏忽而引起的交通事故发生率;另一方面,可以通过自动驾驶释放司机的驾驶时间,减缓因交通拥堵而产生的负面情绪,将人类从驾驶中解放出来。

自动驾驶并不是新鲜事物,早在20世纪初期,人类就开始了自动驾驶的尝试。1925年,霍迪纳无线电控制公司(Houdina Radio Control Co.)就设计了一辆“无人”驾驶汽车“美国奇迹”(American Wonder),见图1-12。“美国奇迹”其实包括两辆汽车:一辆1926年生产的钱德勒汽车上安装了发射天线,其后的第二辆汽车上安装了发射器。通过接收来自后部汽车的无线电信号操纵着钱德勒汽车上的小型电动机,以此对汽车的方向盘、刹车和加速器等进行控制,从而控制汽车的运动。“美国奇迹”在纽约街头从百老汇到第五大道的繁忙交通中完成了公开展示。

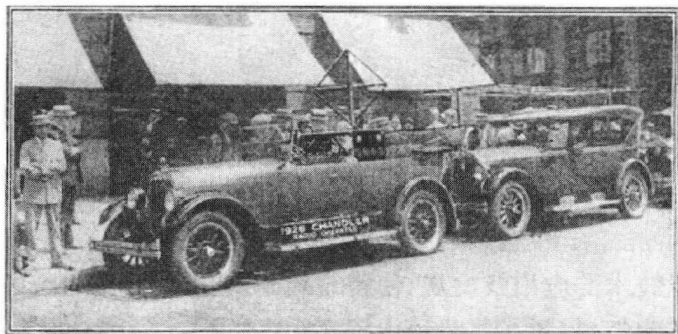


图 1-12 第一辆无人驾驶汽车“美国奇迹”

在诺曼·贝尔·盖德斯(Norman Bel Geddes)的设想中,自动驾驶汽车应由无线电控制,电力驱动;汽车嵌入道路中,并由电磁场提供能源。他在1940年出版的著作《魔法高速公路》中提出辅助驾驶的概念,设计了一个高速公路和交通系统,即在高速公路上使用自动驾驶,从公路上驶出后再使用人工驾驶。随后的半个多世纪里,这一设想虽然因外部设备成本以及路面改造的难度过大而难以在现实中实现,但是人们始终没有放弃自动驾驶的梦想。自动驾驶在各种科幻电影中大放异彩。

1991年的电影《霹雳游侠2000》中可防御、可进攻的Kitt黑色智能跑车,以难以分清头与尾的独特外形、几乎与车距相等的轴距、极具肌肉线条感的流畅设计为人们展示了未来智能汽车的设想(见图1-13)。以人工智能为题材的科幻电影《少数派报告》中的红色雷克萨斯

斯跑车进一步将艺术润色和技术层面的设想结合起来(见图 1-14)。在这些电影中,智能汽车采用智能电动发动机,车上装有防撞车架等大量安全设备。《侏罗纪公园》中的探索者 Explorer,《我,机器人》中的人工智能奥迪……无人车元素成了科幻电影中不可或缺的一环。

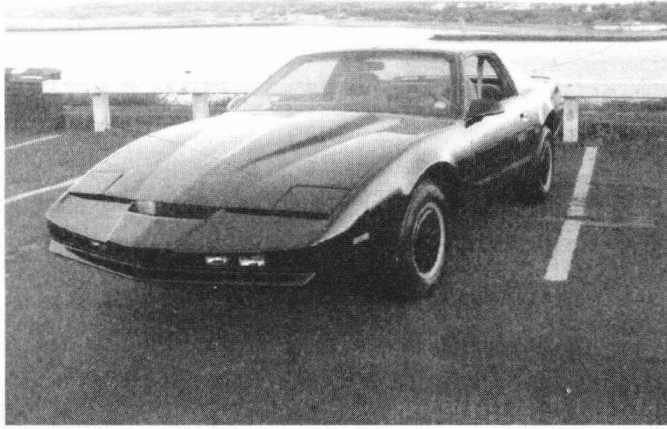


图 1-13 《霹雳游侠 2000》中的智能汽车

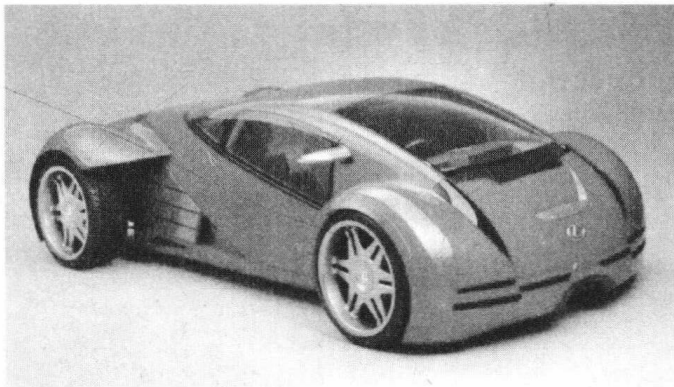


图 1-14 《少数派报告》中的智能汽车

随着计算机视觉技术的应用及发展,使得现代意义上“自动驾驶”的轮廓日渐明晰。未来汽车出行的各种科学幻想,正在蓄势迈向现实。

根据国际自动机工程师学会(Society of Automotive Engineers International, SAE International)的定义,“驾驶自动化等级”分为无自动化到全自动化六个级别的驾驶等级。

L0:即无自动驾驶功能,仅提供警告以及瞬时辅助。如目前汽车具有的自动紧急制动、视觉盲点提醒以及车身稳定系统等功能。

L1:L1 又称为 Driver Assistance,即驾驶员辅助阶段,有一项以上驾驶辅助功能。常见的细分功能有:车道偏离警告(Lane Departure Warning System,LDW)、前方碰撞预警系统(Forward Collision Warning,FCW)、盲区监测系统(Blind Spot Monitoring System,BSM)、变道辅助系统(Lane Change Assist System, LCA)、自适应巡航系统(Adaptive Cruise Control System,ACC)、自动紧急制动(Autonomous Emergency Braking System,AEB)、自动泊车系统(Automatic Parking System,APS)等。现在大多数的汽车都内置摄像头和传感器等器件,以帮助限制行驶速度或提供辅助制动。现如今,L1 已经量产,比如福特带有制动

功能的碰撞预警系统。目前绝大多数汽车都配有辅助驾驶系统,能在一定程度上减轻驾驶员驾驶疲劳程度,减少事故的发生。

L2: L2 又称为 Partial Automation,即具有部分自动化功能。部分自动驾驶辅助自动驾驶,同时具备纵向(如紧急自动刹车 AEB)和横向控制功能(如车道控制、弯道行车)。目前已经能实现 L2 的量产。当今大多数高级驾驶员辅助系统均属于 L2 级。

L3: L3 又称为 Conditional Automation,即具有条件自动驾驶、人机共驾功能,在某些汽车不能实现自动驾驶的情况下,仍需要驾驶员接管车辆控制权。达到 L3 及以上阶段的汽车,主要由系统实现监控和驾驶汽车。

L4: L4 又称为 High Automation,即高度自动驾驶阶段。与 L3 阶段相比, L3 阶段在系统出问题时需要人接管, L4 阶段的汽车在紧急情况下能实现自动处理,自己解决所有特殊情况,防止驾驶员未能及时接管车辆而造成交通事故。

L5: 达到 L5 的汽车也就是无人驾驶车辆(Full Automation)阶段,可以实现无限制的任意点对点无人驾驶模式。对于自动驾驶来说,路况的复杂程度也是考量自动驾驶深度的一个很重要的维度,能否区分复杂的驾驶环境(包括周围的车辆、行人、交通灯等),是 L4 和 L5 的区分。

基于传感器的驾驶辅助或高级驾驶辅助(Advanced Driver Assistant System, ADAS)是自动驾驶的起点,主要覆盖 SAE international 定义的 L0~L2 级别范围。即 ADAS 需要驾驶人来掌控和操纵汽车,智能化程度不高,因此被普遍认为是实现自动驾驶的过渡性技术。ADAS 随着汽车电子的快速发展,以及相关安全标准和消费需求的不断提升,近两年成为越来越多新车的“标配”。ADAS 通过各种车载传感器收集车内外的环境数据,进行静、动态物体的辨识、侦测与追踪等技术上的处理,从而让驾驶者在最快的时间察觉可能发生的危险,并采取相应的措施,以提升驾乘安全性。

L3~L5 这三个级别被认为是自动驾驶的中期阶段,即实现自主式自动驾驶(Autonomous Driving)。自主式自动驾驶通过车载传感设备感知,通过人工智能算法识别车辆环境和交通运行环境;并与高精度地图的数据进一步融合,形成实时的 3D 车辆环境感知地图,通过人工智能算法形成驾驶轨迹规划和驾驶决策;再与汽车的电子控制系统结合,实现对车辆的自动驾驶。

目前汽车高级辅助驾驶系统通常包括:

- 导航与实时交通系统(Traffic Message Channel, TMC)
- 智能车速控制(Intelligent Speed Adaptation 或 Intelligent Speed Advice, ISA)
- 车辆通信系统(Vehicular Communication Systems, VCS)
- 自适应巡航(Adaptive Cruise Control, ACC)
- 车道偏移报警系统(Lane Departure Warning System, LDWS)
- 车道保持系统(Lane Change Assistance, LCA)
- 碰撞避免或预碰撞系统(Collision Avoidance System 或 Precrash System, CAS/PS)
- 夜视系统(Night Vision, NV)
- 自适应灯光控制(Adaptive Light Control, ALC)
- 行人保护系统(Pedestrian Protection System, PPS)
- 自动泊车系统(Automatic Parking, AP)
- 交通标志识别(Traffic Sign Recognition, TSR)